OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	実測法による場合の容積線量の計算法について（Co60遠隔照射法の研究 第6報）
Author(s)	飯田, 博美
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1960, 19(12), p. 2658-2662
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/18346
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

実測法による場合の容積線量の計算法について

Co^{60} 遠隔照射法の研究（第 6 報）

名古屋大学医学部放射線医学教室（主任　高橋信次教授）
名古屋大学医学部附属診療エックス線技師学校（校長　高橋信次教授）
飯　田　博　美

（昭和34年12月 4 日受付）

I 緒　言

容積線量の計算は在来種々行われて[1)~7)]，夫々得失があるが，余等はファントムを用いて実際に測定を行い，然かも等量曲線を特に作製しないような場合の容積線量の計算法——此は実際に現在余等が行つている Co^{60} 遠隔放射では屢々必要になつてくるのであるが——を考えてみた．そして此を直接法と假に名付けて此を在来行われている代表的な方法と比較してみたので報告する．

II 直接法による計算法

体積要素 dV，その密度 ρ とそこにおける線量 D との積を全被照射容積にわたり積分したもの即ち

$$I=\int \rho D\ dV \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

を容積線量と称する[1)8)]．但し近似的にはできるだけ体積を小区分して次の式であらわしてもよい．

$$I=\sum_i \rho_i\ D_i\ \Delta V_i \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

〔1〕 円形照射野の場合

線量分布は照射中心線に対称であるとする．すると Fig. 1 左に示すように断面積 $\Delta r_i\ \Delta h_j$ の長方形の円環体についての線量は D_{ij} であるから

$$I=\sum \rho_{ij} D_{ij} \Delta V_{ij}$$

となる．但し ρ_{ij} はこの円環体の密度である．$\Delta V_{ij}=2\pi r_i\ \Delta r_i\ \Delta h_i$ であり又密度を一定とすれば

$$I=2\pi\rho \sum r_i\ D_{ij}\ \Delta r_i\ \Delta h_j$$

となる．測定点を等間隔にすればその場合には

$$I=2\pi\rho\ \Delta h\ \Delta r \sum r_i\ D_{ij} \cdots\cdots (3)$$

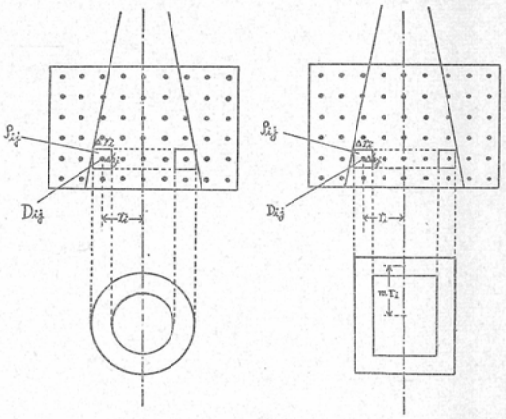
となり実用計算に便利な簡単な式になつた．照射中心線に沿つての測定点があるときは (3)に $\frac{\pi}{4}\rho\ (\Delta r)^2\ \Delta h \sum D_{oj}$ を加えて次のようになる．

$$I=\frac{\pi}{4}\rho\ \Delta h\ \Delta r \times(8\sum r_i\ D_{ij}+\Delta r\sum D_{oj}) \cdots\cdots (4)$$

〔2〕 長方形照射野の場合（Fig. 1 右）

長方形の二辺の比を m 即ち一辺が $2r_i$ のとき他の辺は $2mr_i$ とすれば (1)と全く同様な考え方を行つて

Fig. 1. Explanation of Direct Method Formulae of Integral Dose



r_i は主線錐の軸からの距離，Δr_i, Δh_j, は容積要素としてとつた環体の断面積の 2 辺の長さ，ρ_{ij}, D_{ij} はその容積要素（環体）の密度と線量，m は長方形環体の 2 辺の比をあらわす．

$$I=4\ (1+m)\ \rho\ \Delta h\ \Delta r \sum r_i\ D_{ij}$$

となる．照射中心線に沿つての測定点があるとき

Table 1　200kV X線と Co^{60} γ線による測定値

表面から＼軸から		D_{0j} (0 cm)	D_{1j} (2 cm)	D_{2j} (4 cm)	D_{3j} (6 cm)	D_{4j} (8 cm)	D_{5j} (10cm)	D_{6j} (12cm)
D_{i1} (1 cm)	X線	38.4	35.1	33.3	10.3	3.67	2.10	1.32
	γ線	33.9	33.8	33.8	26.1	1.60	0.88	0.56
D_{i2} (3 cm)	X線	28.8	29.1	26.2	11.7	4.80	2.45	1.42
	γ線	30.1	30.2	30.0	28.2	2.20	0.94	0.60
D_{i3} (5 cm)	X線	23.2	23.1	21.4	12.0	4.77	2.60	1.52
	γ線	26.5	26.6	26.1	24.7	2.67	1.20	0.72
D_{i4} (7 cm)	X線	18.3	17.9	16.8	11.8	4.43	2.60	1.45
	γ線	23.2	23.2	22.8	21.6	4.22	1.37	0.77
D_{i5} (9 cm)	X線	13.8	13.6	12.6	10.0	4.05	2.48	1.39
	γ線	20.1	20.2	19.6	19.0	6.43	1.60	0.95
D_{i6} (11cm)	X線	10.2	10.0	9.20	7.94	3.44	2.19	1.23
	γ線	17.1	17.3	17.0	16.4	8.28	1.66	1.00
D_{i7} (13cm)	X線	7.20	6.90	6.42	5.81	2.62	1.67	0.98
	γ線	14.6	14.8	14.6	14.0	9.92	1.84	1.06
D_{i8} (15cm)	X線	4.70	4.50	4.21	3.83	1.97	1.10	0.77
	γ線	12.4	12.5	12.4	11.8	9.22	1.81	1.02
D_{i9} (17cm)	X線	3.40	3.30	3.20	2.57	1.02	0.72	0.58
	γ線	10.7	10.6	10.4	10.0	6.53	1.38	0.94

① 単位は r/min.

② D_{ij} の符号については Fig. 1 参照．例えば D_{i2} と D_{3j} の交点が D_{32} 即ち軸から 6 cm，表面から 3 cmの値線量11.7 r/min（X線）なることを示す

はこれに $m\rho(\Delta r)^2 \Delta h \sum D_{oj}$ を加えて次のようになる．

$$I=\rho\Delta h\Delta r\{4(1+m)\sum r_i D_{ij}+m\Delta r\sum D_{oj}\}$$

実際の等量曲線は完全な長方形にならずその角がとれた形になる．その補正のためIに定数Cを乗ずる必要がある．このCは線質，照射野の形，SSD等により定まる．特に，m＝1とおけば正方形の場合となる．

$$I=C\rho\Delta h\Delta r\ (8\sum r_i D_{ij}+\Delta r\sum D_{oj})\cdots\cdots(5)$$

III 実　験

今，此の計算法を従来行われている計算法即ちMayneord 法，江藤法及び図形法（等量曲線図より算出する法）と比較してみた．

18.3×27.2×38cm^3 の水ファントムの中心の上方3 cmに 10×10cm^2 の放射野，SSD＝50cmで 200kV（半價層 1.1mmCu）のX線及び Co^{60} より発するγ線を放射した．

線量測定には Radocon（Victoreen）を主用レブローブ No. 601（X線），No. 606（γ線）を用いた．ファントム表面から 2 cmの深さまでは本放射線医学教室製の extrapolation ionization chamber[11] を用いた．尚フイルム黒化度法を併用した．

Radocon による測定点は照射中心線を含む平面内で2次元的に2cm間隔とし（Table 1），更に照射中心線に垂直でファントム表面から 7.7cmの距離にある平面内についても同様2cm間隔に測定した．

IV 計算結果

IIの実験で得た各測定点の線量を用いて各方法による容積線量を計算すると Table 2 のようになる．但しX線は表面線量で 100r，γ線は最大の ionization を起す表面下 3.6mmにおいて100rとしたときの値である．

この実験に対する補正係数Cは Fig. 2 から計算すると Table 3 のようになる．

V 考　按

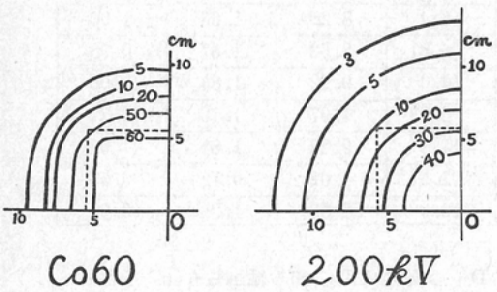
容積線量を正しく算出するには無限小のブロー

Table 2 各方法による容積線量の計算結果（単位 gm-r）

		図形法	Mayneord 法	江藤法	直接法
200kV X線	主線錐の部分	89,600	102,700	92,300	83,000
	散乱線のみを受ける部分	65,800	×	×	63,900
Co^{60} γ線	主線錐の部分	148,300	140,700	143,700	144,500
	散乱線のみを受ける部分	84,200	×	×	107,400

① 直接法の補正係数Cは第3表による．
② Mayneord 法，江藤法共に散乱線については計算できない．

Fig. 2. Charts to obtain Correction Factor C



ファントム表面から 7.7cmで，主線錐に垂直なる平面上における等量曲線図で，点線は幾何学的線錐を示す．

Table 3

field size 10×10cm²		C
200kV (86kV eff) X-ray	the part of main beam	0.94
	the part of outside of main beam	0.92
Co^{60} γ-ray	the part of main beam	0.98
	the part of outside of main beam	0.95

ブを使用してファントムの全域にわたつて線量分布を調べ此を積算するのが最もよい．或いは正確な等量曲線図より無数の微小点の線量を求め積算してもよい．

先づ余等の方法で行つた場合正確な等量曲線図が得られたであろうか．プローブの体積は約 1.8 cm^3 であつた[9]．然し電離槽内の気体と壁材のナイロンはファントムと atomic composition が近似しているので，cavity principle[1)10)] によれば二次電子の flux を亂すことはほとんどない．従つつ線量の変化が特に大きい皮膚直下の部分を extrapolation ionization chamber による測定値，及びフイルム法による補間値にて作製せる等量曲線は信頼に値するものであり余等の図形計算法からの容積線量の値は信頼し得るものと考えている．

今在来の各種計算法をこれと比較してみることにする．Mayneord 法では深部率に $e^{-\mu x}$（x は深さ，μ は線束の拡がりを含めた吸収係数）という假定をとり μ を定めるために普通50% dose の深さ d_h を利用しているが深部率曲線が完全には $e^{-\mu x}$ と一致するとは限らず又体積要素のとりかたも近似的であるため，成程小数の測定点から容積線量を簡便に算出し得る利点はあるがかなりの誤差はまぬがれない．江藤法は Mayneord 法を改良して適当な深さの2点において深部率の式を定めている．江藤法が Mayneord 法に比してよい結果が得られることは実験計算例について示されている[7)]．此の法は然し Mayneord 法と共に散亂線については計算できない憾みがある．

余等の直接法により得られた値が図形計算法より得られた値に近いので，此の直接法は図形法の代りに用い得るものと考えられる．最近の様に種々な形成の Co^{60} 遠隔照射装置が市場にあらわれる場合，すべての放射野の場合にあてはまる等量曲線を成書より流用使用することは困難で，先づ使用者は自分で線量分布を調査せねばならぬ場合が多い．直接法は等量曲線を作製せずとも容積線量を知る方法で，此の様な場合が此から屢々あるわけで，そこに此の法の意義がある．直接法の精

度を高めるためにはできるだけ密な測定値が必要である．三次元的に2cm間隔程度は必要であり，此の間隔を4cmにして本実験値を用いて200kV主線束の部分について計算すると測定点の位置により±30%程度の誤差を生ずることがある．これは容積線量の定義に使われている ΔV をあまり大きくとりすぎたためである．

散乱線のみを受ける部分については宮川氏外[12]によつてある假定を用いた算定が行われた例もある．余等の直接法では散乱線のみを受ける部分も主線錐の部分と全く同一形式で簡便に計算できるのが特長と思う．

IV 結　論

容積線量の定義の式から円形照射野及び長方形照射野の場合に使用し得る計算法（これを假に直接法と云う）を案出し，これを従来からの図形法，Mayneord 法及び江藤法と比較した．先づ phantom に 86KV eff X 線及び Co^{60} γ線を照射して，Radocon (Victoreen) 及び extrapolation ionization chamher を用いて空間的に2cm間隔で線量測定をして信頼し得る等量曲線図を得たので，この等量線図から得た容積線量即ち図形法による値は正しいものと考えられる．

余等の直接法により計算した容積線量の値は図形計算法より得られた値に近いので，此の直接法は図形法の代りに用い得る．尙此の直接法に散乱線のみを含む部分に対しても主線錐の部分に対する場合と全く同様に容積線量を計算し得る特長がある．

（本研究の実験に関しては本放射線医学教室岡島俊三助教授の御援助をいただき深く感謝する次第です）．

（本論文の要旨は昭和33年6月第7回日本医学放射線学会東海北陸部会に於て発表した）．

文　献

1) G.J. Hine, G.L. Brownell: Radiation Dosimetry, 1956. — 2) W.V. Mayneord: British Journal of Radiology, 13, 151, 1940. — 3) W.V. Mayneord: Proc. Phys. Soc. 54, 405, 1942. — 4) 江藤：日医放誌，8, 3, 昭24. — 5) 江藤：日医放誌，9, 1, 昭24. — 6) 江藤：日医放誌，9, 2, 昭24. — 7) 江藤：日医放誌，9, 2, 昭24. — 8) 江藤：放射線医学（医学叢書）. — 9) The Victoreen Instrument Co: Instruction Manual, 1954. — 10) L.H. Gray: Proc. Roy. Soc. A156, 578, 1936. — 11) 岡島外：日医放誌，18, 2, 昭33. — 12) 宮川外：日医放誌，14, 8, 昭29.

Calculation of Integral Dose by Direct Measurement Method

By

H. Iida

School for X-Ray Technicians, attached to the Faculty of Medicine, Nagoya University.

(Director: Prof. S. Takahashi)

The present paper deals with the calculation of integral dose by direct measurement method using the following formulae,

1) $I=\frac{\pi}{4}\rho\Delta h\Delta r\ (8\sum r_i\ Dij+\Delta r\sum Doj)$

for circular field, and

2) $I=C\rho\Delta h\Delta r\left\{4(1+m)\sum r_i\ Dij+m\Delta r\sum Doj\right\}$

for rectangular field, where $\Delta h\Delta r$ is a cross section of volume element, Dij is a dose of volume element, r_i is a distance from the axis of main beam, m is a ratio of two sides of rectangle, ρ is a density of phantom as shown in Fig. 1, and C is constant

near 1 as shown in Table 3.

Practically the dose was measured three dimentionally by the ioznatioin chamber (probe No. 601 for X-ray of 86 kVeff, No. 606 for Co^{60} γ-ray of Victoreen Radocon) at a number of points of 2 cm apart each other within a paraffin phantom of 18.3×27.2×38 cm^3 in size. The value of integral dose was proved more real as compared with that otained by Mayneord's or other methods.

The feature of this method is considered that integral dose is obtained without using the isodose chart as well in the part of main beam as in that outside of main beam.